



УДК 621.039

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОСЪЕМНОЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА АЭС

## THE USE OF QUICK-DETACHABLE THERMAL INSULATION FOR NUCLEAR POWER PLANTS

**Таширева Ирина Александровна**, студент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: irinatashireva@yandex.ru, Тел.: +7-912-645-12-75

**Ташлыков Олег Леонидович**, доц., канд. техн. наук, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: otashlykov@list.ru Тел.: +7(343)375-97-37

**Irina A. Tashireva**, Student, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: irinatashireva@yandex.ru Ph.: +7(912)645-12-75

**Oleg L. Tashlykov**, Cand. Sci., Associate Professor, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: otashlykov@list.ru. Ph.: +7(343)375-97-37

**Аннотация:** В работе рассмотрены пути снижения дозозатрат при ремонтном обслуживании АЭС, проведено сравнение обычной и быстросъемной тепловой изоляции, приведены требования к быстросъемной тепловой изоляции. Выполнен сравнительный анализ обычной и быстросъемной тепловой изоляции по трудозатратам на монтаж и демонтаж.

**Abstract:** The paper discusses ways to reduce dosstart in repair and maintenance of nuclear power plants, a comparison of conventional and quick-detachable thermal insulation, the requirements for quick-detachable thermal insulation. Comparative analysis of conventional and quick-detachable thermal insulation on labor costs for Assembly and disassembly.

**Ключевые слова:** атомная электростанция; теплоизоляция; коллективная доза; быстросъемная тепловая изоляция; плановый ремонт.

**Key words:** nuclear power plants; insulation; collective dose; quick-detachable thermal insulation; scheduled maintenance.

Радиационная обстановка в помещениях АЭС во время ремонта определяется  $\gamma$ -излучением активированных продуктов коррозии, сосредоточенных в отложениях на поверхности оборудования, среди которых основной вклад дает  $^{60}\text{Co}$ . Коллективные дозы меняются в широких пределах в зависимости от типа реактора и составляют от 0,67 (среднее значение для несерийных блоков - Билибинской и Белоярской АЭС) до 4,42 (среднее значение для АЭС с РБМК-1000) чел Зв/энергоблок.

Соотношение дозозатрат в период проведения плановых ремонтов и эксплуатации на энергоблоках с РБМК составляет примерно 50 на 50%. На энергоблоках с ВВЭР 80-90% коллективной дозы приходится на время ремонта энергоблоков [1].

В таблице 1 представлены усредненные значения коллективной дозы по отдельным видам работ на

энергоблоках АЭС с ВВЭР-1000 за периоды плановых ремонтов.

Таблица 1.

Усредненные значения коллективной дозы

Оборудование и виды работ	Коллективная доза, чел·мЗв/блок	
	2000–2002	2007–2009
Перегрузка	26	23
Реактор	255	253
ГЦН	52	33
Системы отвода остаточного тепловыделения	20	17
Парогенераторы	175	64
Система подпитки и борного регулирования	19	23
Компенсатор давления	22	9
Теплоизоляция	90	41

Как видно из таблицы 1, основное снижение доз в указанные периоды времени произошло на

следующих видах работ и оборудования: главные циркуляционные насосы, парогенераторы, компенсатор давления и выполнение работ с теплоизоляцией.

Существует три метода снижения дозозатрат в ремонтный период АЭС, это снижение радиационного параметра, увеличение расстояния от радиоактивного оборудования до работника и уменьшение времени пребывания персонала вблизи радиоактивного оборудования [2].

Одним из способов уменьшения времени пребывания персонала вблизи радиоактивного оборудования является использование быстросъемной теплоизоляции (БСТИ) [3].

Назначение тепловой изоляции оборудования и трубопроводов первого и второго контура, парогенераторов и главных паропроводов – снижение тепловых потерь от оборудования и трубопроводов в окружающую среду при эксплуатации реакторной установки и обеспечение [4]:

- энергоэффективности;
- надежности и долговечности эксплуатации теплоизоляционных конструкций без снижения теплозащитных свойств;
- выполнения требований безопасности и защиты окружающей среды;
- возможности систематического наблюдения (мониторинга) в процессе эксплуатации за элементами изолируемых объектов в местах измерений и проверки состояния поверхностей изолируемых объектов;
- удобства обслуживания и ремонта изолируемых объектов.

Обычная теплоизоляция (ТИ) имеет ряд недостатков:

- недостаточная надежность (низкая прочность конструкции и стойкость теплоизоляционных материалов);
- малый срок службы, требующий её многократной замены в период эксплуатации АЭС;
- большая трудоемкость при демонтаже/монтаже;
- сложность изготовления для фасонных изделий трубопроводов и оборудования АЭС;
- рост объема радиоактивных отходов на АЭС за счет демонтированной теплоизоляции;
- необходимость переработки и утилизации.

Поэтому, в 2005 году было принято решение считать разработку и внедрение быстросъемной теплоизоляции на действующих и вновь строящихся АЭС России приоритетным направлением деятельности в отрасли.

БСТИ в зависимости от покровного слоя делится на:

- блочную жесткую тепловую изоляцию (БЖТИ);
- блочную мягкую тепловую изоляцию (БМТИ).

БЖТИ (рис. 1) используется, в основном, для изоляции оборудования, прямых участков трубопроводов, выполняется в виде отдельных легко монтируемых и демонтируемых блоков, выполненных из коррозионной стали и повторяющих форму изолируемой поверхности оборудования и трубопроводов. Внутри короба монтируется теплоизоляционный элемент в виде прошивного мата, панели, формованного материала.

БМТИ (рис. 2) используется для изоляции фасонных частей трубопроводов, сопровождающей арматуры, оборудования сложной конфигурации, насосов и т.п., представляет собой изделие, повторяющее форму изолируемого объекта, где в качестве покровного слоя используется дезактивируемый (водонепроницаемый) тканевый материал. Внутренний слой - теплоизоляционные изделия, выполненные из волокнистых материалов.

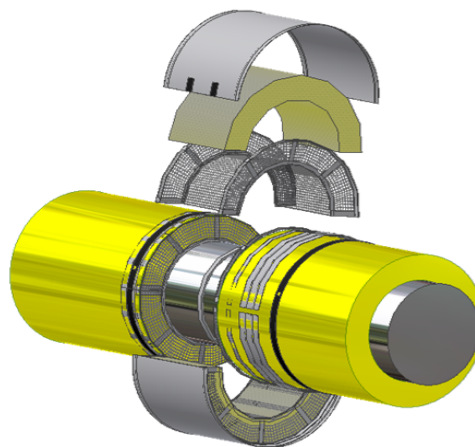


Рис. 1. БЖТИ трубопровода



Рис. 2. БМТИ арматуры

Основные свойства теплоизоляционных материалов приведены в таблице 2 [5].

Таблица 2.

Основные свойства теплоизоляционных материалов

Наименование показателя	Значение	Метод определения
Средняя плотность материала, кг/м <sup>3</sup> , не более	300	По ГОСТ 17177
Теплопроводность при 25°C, Вт/(м·К), не более	0,05	По ГОСТ 7076
Радиационная стойкость за весь период работы, МГр, не менее	0,20	По ГОСТ 25645.331

Тепловая изоляция на оборудовании и трубопроводах должна отвечать следующим требованиям [4]:

- средние удельные тепловые потери с наружной поверхности БСТИ каждой единицы оборудования и трубопроводов не должны превышать 290 Вт/м<sup>2</sup>;
- температура наружной поверхности оборудования, расположенных в помещениях, доступных для осмотра при работе блока на мощности не должна превышать 60 °С;
- тепловая изоляция не должна впитывать воду, загрязняться радиоактивными элементами;
- конструкция БСТИ должна быть разработана исходя из условия надежного выполнения ее функций и сохранения прочности при воздействии эксплуатационных и сейсмических нагрузок, возникающих при эксплуатации БСТИ в режимах

НЭ, ННЭ, МПА а также при сочетании указанных условий с МРЗ;

– крепление блоков БСТИ на оборудовании и трубопроводах должно осуществляться без применения сварки с помощью быстродействующих замков, что позволяет производить быстрый локальный демонтаж блоков для периодического осмотра и эксплуатационного контроля основного металла и сварных соединений;

– металлопокрытие ТИ конструкции должно быть выполнено в брызгозащитном исполнении, исключая попадание внутрь ТИ дезактивирующих растворов, масла;

– температура наружной поверхности ТИ в местах, доступных для персонала не должна превышать 45 °С;

– в качестве теплоизоляционного материала для БСТИ могут применять маты марки МТП-АС из супертонкого стекловолокна или другие теплоизоляционные материалы, обладающие необходимыми показателями по стойкости в условиях гермообъема реакторной установки атомной электростанции.

– массогабаритные характеристики блоков БСТИ должны позволять манипулировать ими без применения грузоподъемных механизмов.

На рисунках 3 и 4 приведены данные по трудозатратам на монтаж и демонтаж БСТИ и ТИ.

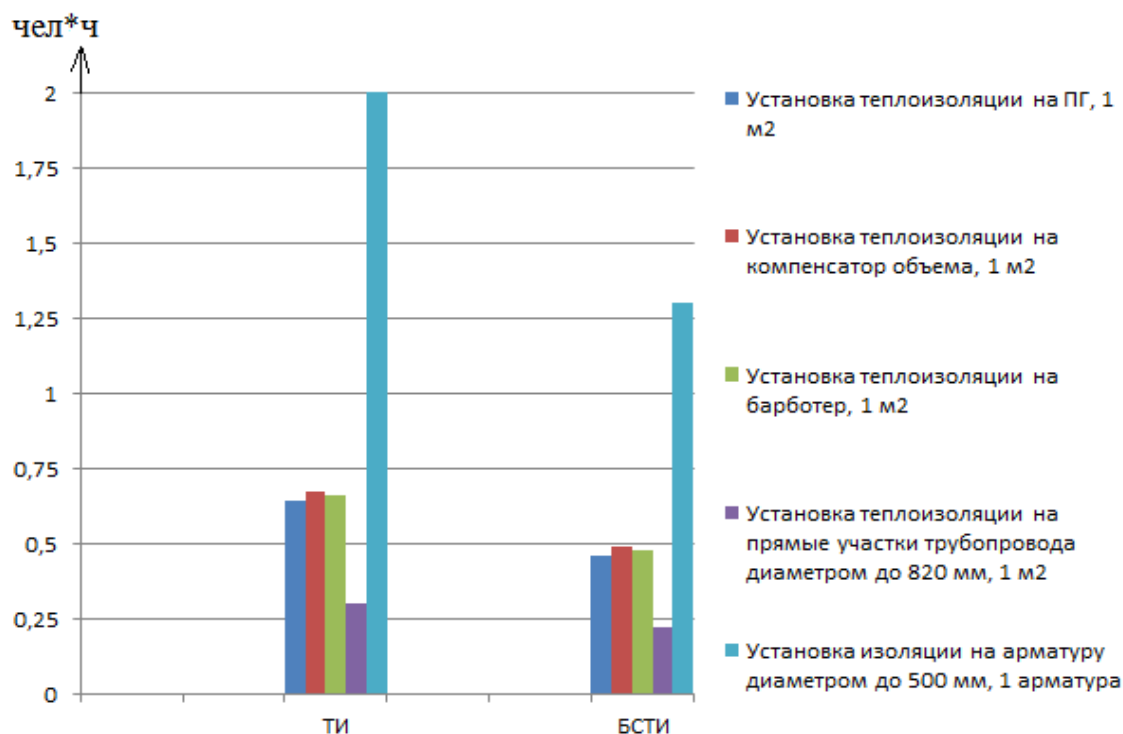


Рис. 3. Установка теплоизоляции

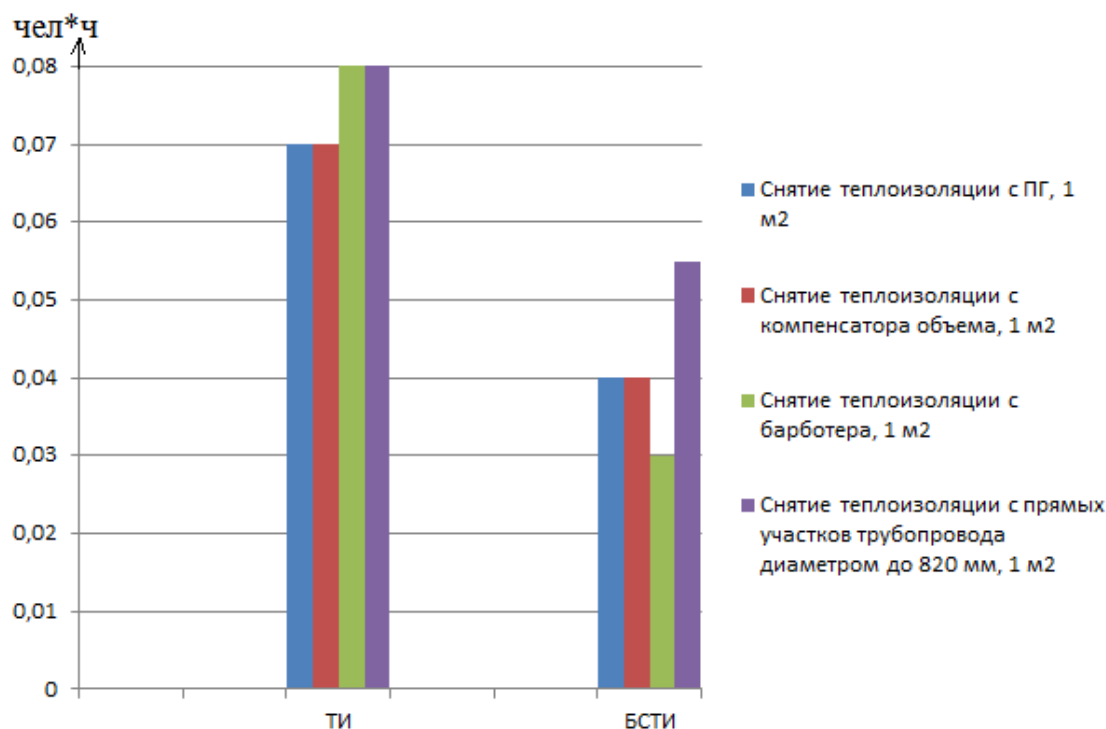


Рис. 4. Снятие теплоизоляции

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммарные дозовые затраты персонала при производстве технического обслуживания и ремонта тепломеханического оборудования складываются из доз облучения, получаемых при собственно ремонтных работах и при подготовительных и завершающих операциях (деактивация, оборудование рабочего места, установка и разборка лесов, подмостей, демонтаж-монтаж теплоизоляции и т.д.). Использование БСТИ вместо обычной ТИ позволяет сократить коллективную дозу на 27-38 % при монтаже и на 31-63 % при демонтаже теплоизоляции. Использование БСТИ также сокращает трудозатраты и, соответственно, дозозатраты при проведении эксплуатационного контроля металла и сварных соединений радиоактивного оборудования и трубопроводов. Применение БСТИ позволит снизить объем радиоактивных отходов на АЭС.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ташлыков О.Л. Методы оценки и снижения дозовых нагрузок при ремонте АЭС: учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009.
2. Наумов А.А., Ташлыков О.Л. Минимизация дозовых затрат при ремонтном обслуживании систем и оборудования АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2010. №1. С.80-88.
3. Ташлыков О.Л. Ремонт оборудования атомных станций: Учеб. пособие. Екатеринбург. Издательство УМЦ УПИ. 2003. 320 с.
4. СТО 1.1.1.01.001.0904-2012. Тепловая изоляция атомных электростанций. Технические требования эксплуатирующей организации - Открытое акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (ОАО Концерн Росэнергоатом») от 25.12.2012 № 9/1236-П.
5. РД ЭО-0550-2005. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов гермопомещений атомных станций с реакторами типа ВВЭР. Основные требования. М.: ОАО «Концерн Росэнергоатом». 2005.